

ESTUDIO DEL TAMAÑO Y FORMA DE LA PARCELA EXPERIMENTAL PARA  
ENSAYOS DE CAMPO EN FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.)

por



Eduardo Calero Hidalgo



Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

Centro de Enseñanza e Investigación

Turrialba, Costa Rica

Julio, 1965

ESTUDIO DEL TAMAÑO Y FORMA DE LA PARCELA EXPERIMENTAL PARA  
ENSAYOS DE CAMPO EN FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.)

Tesis

Sometida al Consejo de Estudios Graduados  
como requisito parcial para optar al grado

de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA



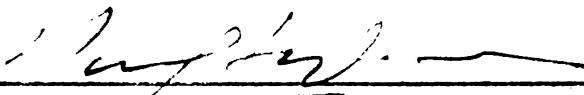
Consejero

Dr. Eddie Echandi



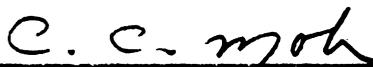
Comité

Ing. Heleodoro Miranda



Comité

Dr. Pierre G. Sylvain



Comité

Dr. C. C. Moh

Julio, 1965

A mi esposa

A mi hija

A la memoria de mi padre

## AGRADECIMIENTOS

El autor deja constancia de su agradecimiento al Ing. Heleodoro Miranda por la ayuda y orientación recibida como Consejero Directo, durante la realización del presente estudio.

A los miembros del Comité Consejero doctores Eddie Echandi, Pierre G. Sylvain y C. C. Moh por su valiosa colaboración. Al Dr. Steen Justensen, por su asesoramiento y sugerencias en el trabajo.

A USAID-Ecuador, entidad que proporcionó la beca. Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP) a través de su Director Ing. Fabián Portilla R. por haberle<sup>yo</sup> facilitado la realización de los estudios postgraduados.

Al personal de oficina y campo del Programa de Cultivos Alimenticios del Centro de Turrialba, por su cooperación.

A los compañeros de estudio y miembros del personal del I.I.C.A. que en una y otra forma<sup>me</sup> prestaron su colaboración durante su<sup>mis</sup> permanencia.

## BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Guayaquil, Ecuador en el año 1938.

Realizó sus estudios universitarios en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad de Guayaquil, graduándose de Ingeniero Agrónomo en 1962.

De enero a setiembre de 1963 trabajó en la Subestación Experimental Portoviejo (INIAP) como genetista del Programa de Oleaginosas.

En setiembre de 1963 ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, para realizar estudios postgraduados, egresando en julio de 1965.

## CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION .....	1
REVISION DE LITERATURA .....	2
Heterogeneidad del suelo y factores que determinan el tamaño y forma de la parcela experimental .....	2
Tamaño de la parcela .....	2
Forma de la parcela .....	6
Trabajos en frijol .....	7
MATERIALES Y METODOS .....	8
Tamaño de la parcela .....	9
Forma de la parcela .....	10
RESULTADOS EXPERIMENTALES .....	14
Tamaño de la parcela .....	14
Forma de la parcela .....	22
DISCUSION .....	23
CONCLUSIONES .....	24
RESUMEN .....	25
SUMMARY .....	26
LITERATURA CITADA .....	27
APENDICE .....	31

## INTRODUCCION

Una vez terminada la fase inicial de un programa de Fitomejoramiento, ya sea por la obtención de variedades resistentes a una determinada enfermedad, o la obtención de nuevas variedades por medio de cruzamientos, selecciones u otras técnicas; es necesario la prueba final de rendimiento para tener una buena estimación del material, esta prueba necesariamente tiene que ser realizada en el campo bajo las condiciones ambientales del lugar. El método tradicional consiste en usar parcelas pequeñas con muchas repeticiones. El tamaño de las parcelas se escoge generalmente sin ninguna base estadística, ya que son muchos los factores responsables de la variación.

El presente estudio tiene como objetivo principal determinar el tamaño y forma más convenientes de la parcela experimental que debe usarse en los trabajos con frijol (Phaseolus vulgaris L.). Se ha considerado en este estudio una variedad de hábito arbustivo y otra de semiguía.

REVISION DE LITERATURA

Heterogeneidad del suelo y factores que determinan el tamaño y forma de la parcela experimental

LeClerg, Leonard y Clark (22) citan como factores principales de la heterogeneidad del suelo los siguientes: Topografía, Tratamientos previos, Humedad y Fertilidad del suelo. Seif (31) agrupa los factores que determinan el tamaño y forma óptimos de la parcela de la siguiente manera:

- A. Consideraciones prácticas
  - 1. Precisión deseada en el experimento
  - 2. Material aprovechable
  - 3. Clase de experimento
  - 4. Métodos de manejo del experimento
- B. Material experimental
  - 1. Rendimiento (semilla)
  - 2. Otros (que no sea semilla)
- C. Condiciones ambientales
  - 1. Variabilidad o heterogeneidad del suelo
  - 2. Otros factores ambientales
- D. Costos.

Tamaño de la parcela

El tamaño de la parcela experimental para pruebas de campo ha sido un tema muy discutido por los investigadores. Unos creen que las parcelas deben ser pequeñas y otros que deben ser grandes; pero en

todo caso el tamaño siempre está íntimamente relacionado a la variabilidad del suelo y a los otros factores ya enumerados.

Una buena idea sobre la naturaleza y extensión de la variación en fertilidad del suelo se puede obtener de los ensayos de uniformidad que se preparan en un mapa de contorno de fertilidad (28). Ensayos que consisten en sembrar una determinada área de terreno con un cultivo y someterlo durante todo el desarrollo al mismo tratamiento. Bose, Khanna y Mahalanobis (2), indican que los análisis estadísticos de los ensayos de uniformidad han mostrado que el tamaño y forma de la parcela experimental óptima dependen principalmente de la gradiente de distribución en el área experimental. Sin embargo hay un mejor tamaño para cada cultivo, que es más o menos el mismo para diferentes localidades, a no ser que existan marcadas diferencias en la naturaleza de la fertilidad de los suelos.

Partiendo de ensayos de uniformidad y de diseños experimentales, se han empleado muchas técnicas para determinar el tamaño más adecuado de la parcela experimental. Seif (31) menciona que los primeros trabajos del efecto del tamaño y forma de la parcela sobre el error experimental fueron hechos por Wood y Straton en 1910 y Hall en 1911. Ellos determinaron el tamaño adecuado de la parcela usando un ensayo de uniformidad de acuerdo a la máxima curvatura que forma el porcentaje de desviación sobre el tamaño de la parcela, puestos en un eje de coordenadas. Este método se ha generalizado y se ha empleado con frecuencia para determinar el tamaño más adecuado de la parcela experimental en diversos cultivos. Odland y Garber (26) utilizan este procedimiento para determinar el mejor tamaño de la parcela y el número

de repeticiones en experimentos de soya. Federer (10) llama a este método "Máxima curvatura". Este método se ha criticado mucho (33), porque la región de la máxima curvatura es dependiente de las escalas tanto de las ordenadas como de las abscisas en donde se halla dibujado. Conner (7) en su trabajo con camote demuestra que la región de la máxima curvatura es dependiente de las escalas. Smith (33), considera que este método no es efectivo ya que no considera los costos. Federer (10) manifiesta que dicho método no es útil para material experimental donde se toman unidades arbitrarias de observación, pero si lo es para cierto tipo de material como maíz, en el que las unidades son golpes de siembra, también para unidades como: un animal, una simple determinación o lectura, etc., en donde la escala es fija.

Keller (19) partiendo de un ensayo de uniformidad, usa como método para determinar el mejor tamaño de la parcela experimental, las variancias comparables; asumiendo que las variancias comparables de las unidades experimentales básicas contribuyen con 100 por ciento de la información; Keller encontró que las variancias comparables aumentan y la información relativa decrece a medida que el tamaño de la parcela aumenta. El tamaño óptimo de la parcela estará en el lugar donde la información relativa decrece menos.

Smith (33), propone un método para determinar el mejor tamaño de la parcela, este método está basado en la relación empírica que existe entre el tamaño y la variancia por parcela. Esta relación empírica se denomina también "Ley de la variancia de Smith". Smith demuestra que existe una regresión lineal decreciente entre el logaritmo de la variancia de la parcela por unidad de área y el logaritmo del tamaño

de las parcelas:

$$V_x = \frac{V_1}{x^{b'}} \quad \text{ó} \quad \text{Log } V_x = \text{Log } V_1 - b' \text{Log } x$$

Donde:

$V_x$  = Variancia entre las parcelas (de varias unidades)

$V_1$  = Variancia entre las parcelas (de una unidad)

$x$  = Tamaños de las parcelas (en unidades)

$b'$  = Coeficiente de regresión que indica la asociación entre unidades adyacentes.

Los valores de  $b'$  oscilan entre 0 y 1. Cero significa que la variancia relativa no depende del tamaño de la parcela, y uno que las diferencias entre parcelas se distribuyen completamente al azar.

Smith (33) también considera los costos:

$K_1$  = Costo proporcional al número de parcelas por tratamiento

$K_2$  = Costo proporcional al incremento por parcela

En parcelas grandes es más preponderante  $K_1$  que  $K_2$ , y en parcelas pequeñas es más preponderante  $K_2$  que  $K_1$ ; entonces los costos son mínimos cuando el tamaño es:

$$x = \frac{b'K_1}{(1-b')K_2}$$

La fórmula propuesta por Smith (33), ha sido muy utilizada en algunos cultivos. En maní por Robinson, Rigney y Harvey (30), en espinaca por McFerran (25), en avena por Frey y Baten (12) y Wallace y Chapman (36), en pasto "brome gras" por Wasson y Kalton (37), en habichuela (Phaseolus lunatus) por Seif (31), en soya por Weber y Horner (38) y Brin y Mason (3), en cártamo por Wiedemann y Leininger (39).

Freeman (11), modifica la relación empírica de Smith (33), añadiendo la variación de las plantas.

$$V_x = \frac{V'1}{x^{b'}} + \frac{V''}{y}$$

Donde:

$$\frac{V''}{y} = \text{Variancia de las plantas para una parcela de } y \text{ plantas}$$

Koch y Rigney (20) y Hatheway y Willians (16) partiendo de diseños experimentales como parcelas divididas y bloques incompletos (latices de 2 dimensiones y una restricción) desarrollaron independientemente métodos para la determinación del coeficiente de regresión  $b'$  de Smith (33). Ellos consideraron que cuando se trata de diseños en parcelas divididas las variancias estimadas para los tamaños de las parcelas correspondientes a una repetición, una unidad y una sub-unidad. Cuando se trata de bloques incompletos, las variancias estimadas para los tamaños de las parcelas correspondientes a una repetición, un bloque incompleto y una unidad.

#### Forma de la parcela

La forma de la parcela experimental ha sido estudiada por varios investigadores en diversos cultivos, llegando la mayoría de ellos a la conclusión de que las parcelas largas y delgadas son mucho más eficientes que las cortas y anchas (1, 5, 6, 8, 13, 17, 18, 21, 23, 24, 29, 35).

Por otra parte Thompson (34) y Pan (27) trabajando con camote y arroz respectivamente, determinaron que la variación de las parcelas

cuadradas es menor que la de las parcelas largas y delgadas.

### Trabajos en frijol

La literatura sobre frijol reporta muy pocos trabajos referentes al tamaño y forma de las parcelas experimentales. Loessel (23) estudió 107 formas y tamaños distintos de las parcelas con "white pea beans", llegando a la conclusión que las parcelas de 1 surco de 30 piés de largo, repetidas 4 veces eran las más eficientes para reducir el error estándar. Down y Thayer (9) determinaron en "navy beans" que para tener una comparación exacta del material experimental eran necesarias parcelas de 3 surcos de ancho y que las parcelas de 1 surco de ancho eran fuente de competencia.

Smith (32) concluyó en un ensayo de uniformidad con las variedades de frijol "red kidney" y "standar pink", que para detectar diferencias de 200 libras por acre, eran necesarias 6 repeticiones con parcelas de menos de 100 piés cuadrados, además manifestó que hubo una ventaja pequeña, pero significativa de las parcelas delgadas sobre las parcelas anchas. Gartner y Cardona (14) determinaron que las parcelas de 2 surcos de 4 metros con 4 repeticiones eran las más adecuadas estadística y económicamente.

## MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en los campos experimentales del Centro de Enseñanza e Investigación de Turrialba y en Cot de Cartago, durante el período comprendido entre mayo de 1964 y marzo de 1965. En Turrialba los trabajos se efectuaron a una altura aproximada de 600 m. sobre el nivel del mar en los lotes denominados la montaña y el abacá con suelos pertenecientes a las series Instituto "arcilloso" y La Margot "franco arcillo arenoso" respectivamente (15). En Cot de Cartago el trabajo se efectuó a una altura de 1.800 m. sobre el nivel del mar en un suelo tipo arcilloso.

Se efectuaron 5 ensayos de uniformidad en los 3 lotes con las variedades: Jamapa (4) como representante de las variedades arbustivas y Mex 81-R. como representante de las variedades de semiguía, ambas variedades de origen mexicano. En la montaña se sembraron las variedades Jamapa en mayo y diciembre y Mex 81-R. en junio. En el abacá y en Cot de Cartago se sembró la variedad Jamapa en junio.

Las distancias de siembra fueron de 0,60 m. entre surcos y aproximadamente 0,10 m. entre plantas. Los tamaños de cada uno de los ensayos sin considerar los bordes fueron los siguientes:

1º	Jamapa-la montaña	36	surcos	de	60	m.
2º	Jamapa-el abacá	48	"	"	36	"
3º	Jamapa-Cot de Cartago	24	"	"	60	"
4º	Mex 81-R.-la montaña	36	"	"	60	"
5º	Jamapa-la montaña	36	"	"	60	"

Se utilizó un fertilizante 12-34-0 para los ensayos 1, 2, 3, y 4 y una fórmula de 8-25-4 para el 5º ensayo, ambos fertilizantes en la

proporción de 4 quintales por hectárea. Además durante los ensayos se hicieron las labores normales de campo como: raleo, deshierbas, control fitosanitario, etc. Para los ensayos en Turrialba se contó con los datos de precipitación (Cuadro 1). En Cot de Cartago no fue posible obtener los datos de precipitación.

Cada uno de los ensayos uniformes se dividió en unidades experimentales de 1 surco de 1 m. de largo, teniendo así para los ensayos 1, 4 y 5; 2160 unidades, para el ensayo 2; 1728 unidades y para el ensayo 3; 1440 unidades (Cuadro 1). La semilla cosechada en cada una de las unidades experimentales se pesó en una balanza eléctrica Mettler. Por medio de sumas sucesivas de los pesos de cada una de las unidades experimentales se formaron distintos tamaños y formas de parcela; llegando a tener un total de 40 parcelas para los ensayos 1, 3, 4 y 5 y 35 parcelas para el ensayo 2, como se puede apreciar en la Figura 1.

#### Tamaño de la parcela

El método utilizado para determinar el tamaño óptimo de la parcela fue el propuesto por Smith (33), que considera el coeficiente de regresión  $b'$  y los costos. Las variancias relativas de cada uno de los tamaños de las parcelas se calcularon por la fórmula simplificada de Seif (31).

$$V_x = \frac{s^2}{x^2}$$

Donde:

$s^2$  = Variancia para un tamaño de la parcela

$x$  = Número de unidades experimentales que componen una parcela

El coeficiente de regresión  $b'$  se determinó por medio de la fórmula de Federer (10), en donde se encuentran ponderados los grados de libertad ( $w_i$ ) asociados a cada una de las variancias de los distintos tamaños y formas de las parcelas en estudio.

$$b' = \frac{\sum(w_i \log Sx^2_i) (\log x_i) - \sum(w_i \log Sx^2_i) \sum(w_i \log x_i) / \sum w_i}{\sum w_i (\log x_i)^2 - (\sum w_i \log x_i)^2 / \sum w_i}$$

Para determinar los valores correspondientes al costo proporcional al número de parcelas por tratamiento ( $K_1$ ) y el costo proporcional al incremento por parcela ( $K_2$ ), se consideró únicamente las labores relacionadas con el tamaño de la parcela como preparación del suelo, preparación de la semilla, siembra, deshierbas, aplicación de productos químicos, recuento del número de plantas y cosecha. Se registró el tiempo empleado en cada una de las labores para parcelas de distintos tamaños, expresándolo en segundos-hombre (trabajo que realiza un peón en un segundo de tiempo) en base a un promedio. Con estos valores se calculó una regresión lineal entre el tiempo empleado sobre el tamaño de la parcela, correspondiendo los valores de  $\underline{a}$  (lo que vale  $\underline{Y}$  cuando  $\underline{X}$  es cero) a  $K_1$  y el coeficiente de regresión  $\underline{b}$  a  $K_2$ .

#### Forma de la parcela

Para determinar la forma óptima de la parcela se consideró los coeficientes de variación entre las posibles formas de un mismo tamaño de la parcela.

Cuadro 1. RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS 5 ENSAYOS DE UNIFORMIDAD

Ensayo	Localización	Variedad	Fecha de la siembra	Tipo de suelo	Fórmula del fertilizante	Total de unidades experimentales	Promedio de plantas por unidad experimental	Fecha de la cosecha	Precipitación total en milímetros
1	la montaña Turrialba	Jamapa	Mayo 1964	Arcilloso	12-34-0	2160 36 x 60	8,84	Agosto 1964	974
2	abacá Turrialba	Jamapa	Junio 1964	Franco arcillo arenoso	12-34-0	1728 48 x 36	6,18	Setiembre 1964	1125,6
3	Cot de Cartago	Jamapa	Junio 1964	Arcilloso	12-34-0	1440 24 x 60	6,02	Noviembre 1964	-----
4	la montaña Turrialba	Mex 81-R.	Junio 1964	Arcilloso	12-34-0	2160 36 x 60	8,02	Setiembre 1964	1125,6
5	la montaña Turrialba	Jamapa	Diciembre 1964	Arcilloso	8-25-4	2160 36 x 60	9,4	Marzo 1965	735,2

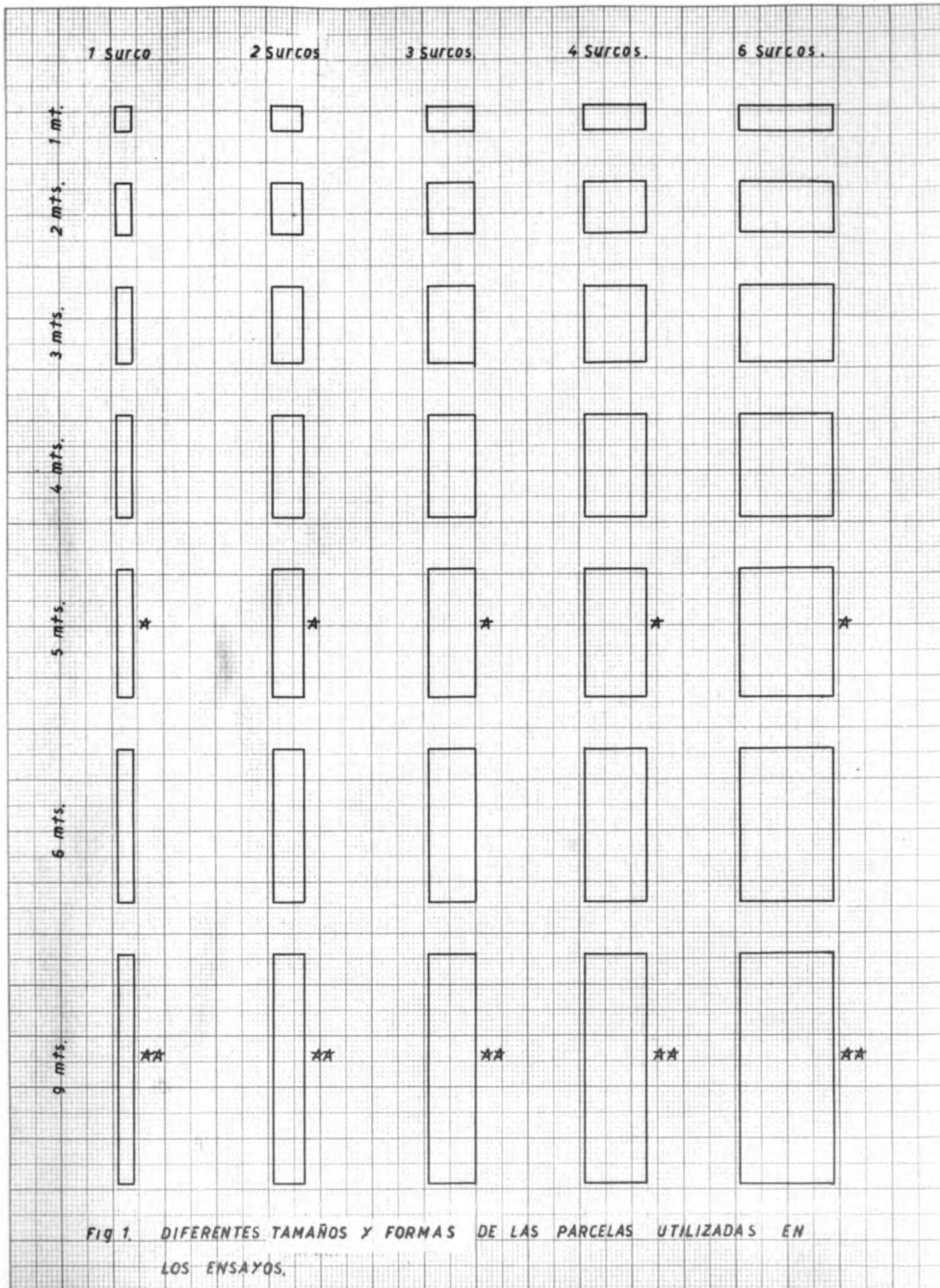
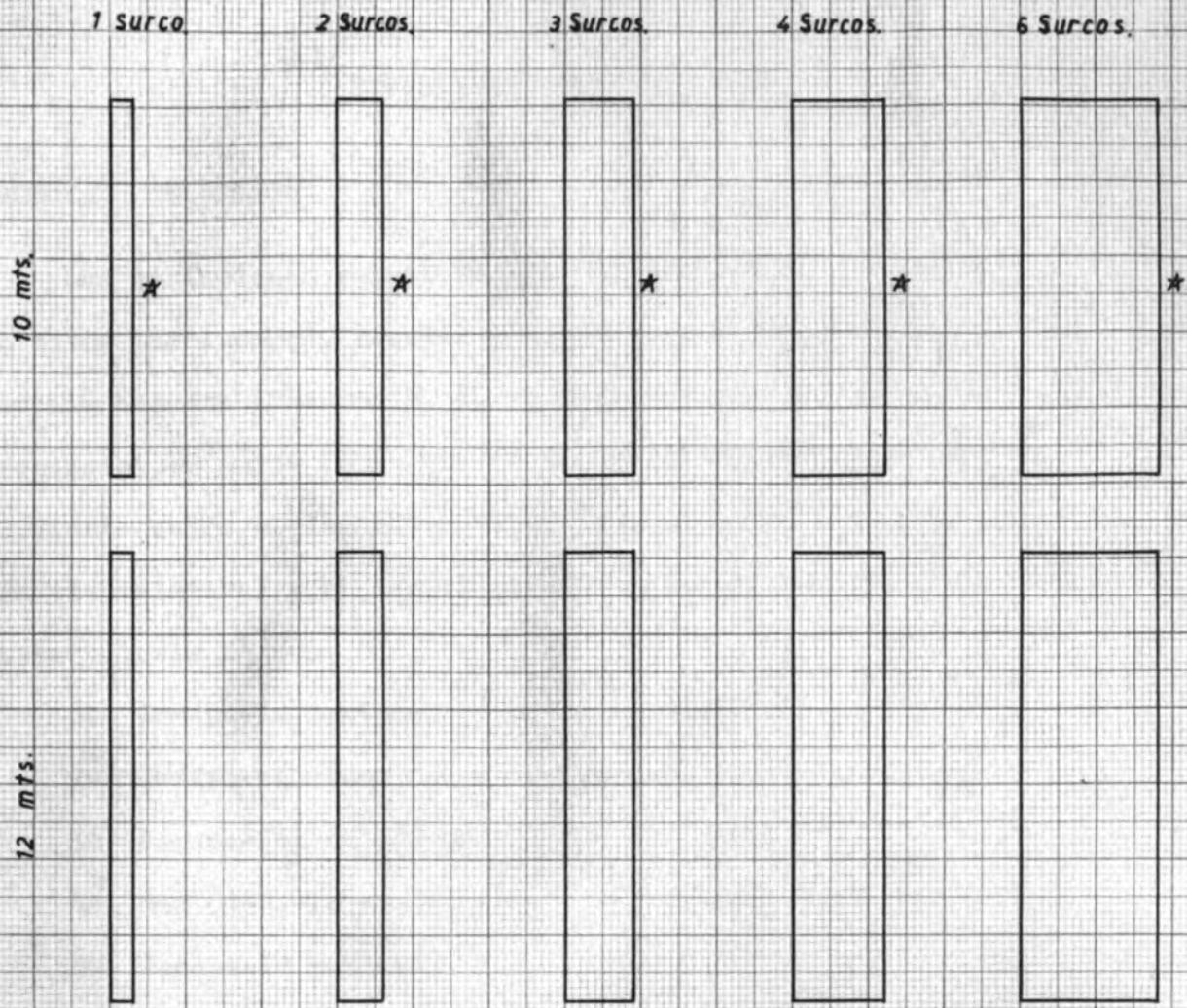


Fig 1. DIFERENTES TAMAÑOS Y FORMAS DE LAS PARCELAS UTILIZADAS EN LOS ENSAYOS.



Escala: 1/200

★ Únicamente en los ensayos 1, 3, 4 y 5.

★★ Únicamente en el ensayo 2.

Fig 1. (continuación)

## RESULTADOS EXPERIMENTALES

### Tamaño de la parcela

Las variaciones relativas ( $V_x$ ) de cada tamaño de las parcelas, en todos los ensayos, tienden a decrecer a medida que el tamaño de la parcela aumenta (Cuadros 7, 8, 9, 10 y 11). Esto concuerda con lo propuesto por Smith (33), que dice que existe una regresión lineal de creciente entre el logaritmo de la variancia por unidad de área (variancia relativa) y el logaritmo del tamaño de las parcelas (Fig. 2), cuyos valores  $b'$  son:

1 <sup>o</sup>	Jamapa-la montaña	0,368
2 <sup>o</sup>	Jamapa-el abacá	0,395
3 <sup>o</sup>	Jamapa-Cot de Cartago	0,250
4 <sup>o</sup>	Mex 81-R.-la montaña	0,505
5 <sup>o</sup>	Jamapa-la montaña	0,184

En la variedad arbustiva (Jamapa) los valores del coeficiente de regresión  $b'$  son bajos, indicando que existe una fuerte asociación en tre las variancias relativas de cada tamaño y forma de las parcelas estudiadas.

En la variedad de semiguía (Mex 81-R.), el valor del coeficiente de regresión  $b'$  es medianamente alto, indicando que existe una menor asociación entre las variancias relativas de cada tamaño y forma de las parcelas estudiadas.

Las constantes  $K_1$  y  $K_2$  de los costos calculados a partir de los costos para parcelas de diferentes tamaños (Cuadro 2) aparecen en el Cuadro 3. En las labores de preparación del suelo, preparación de la

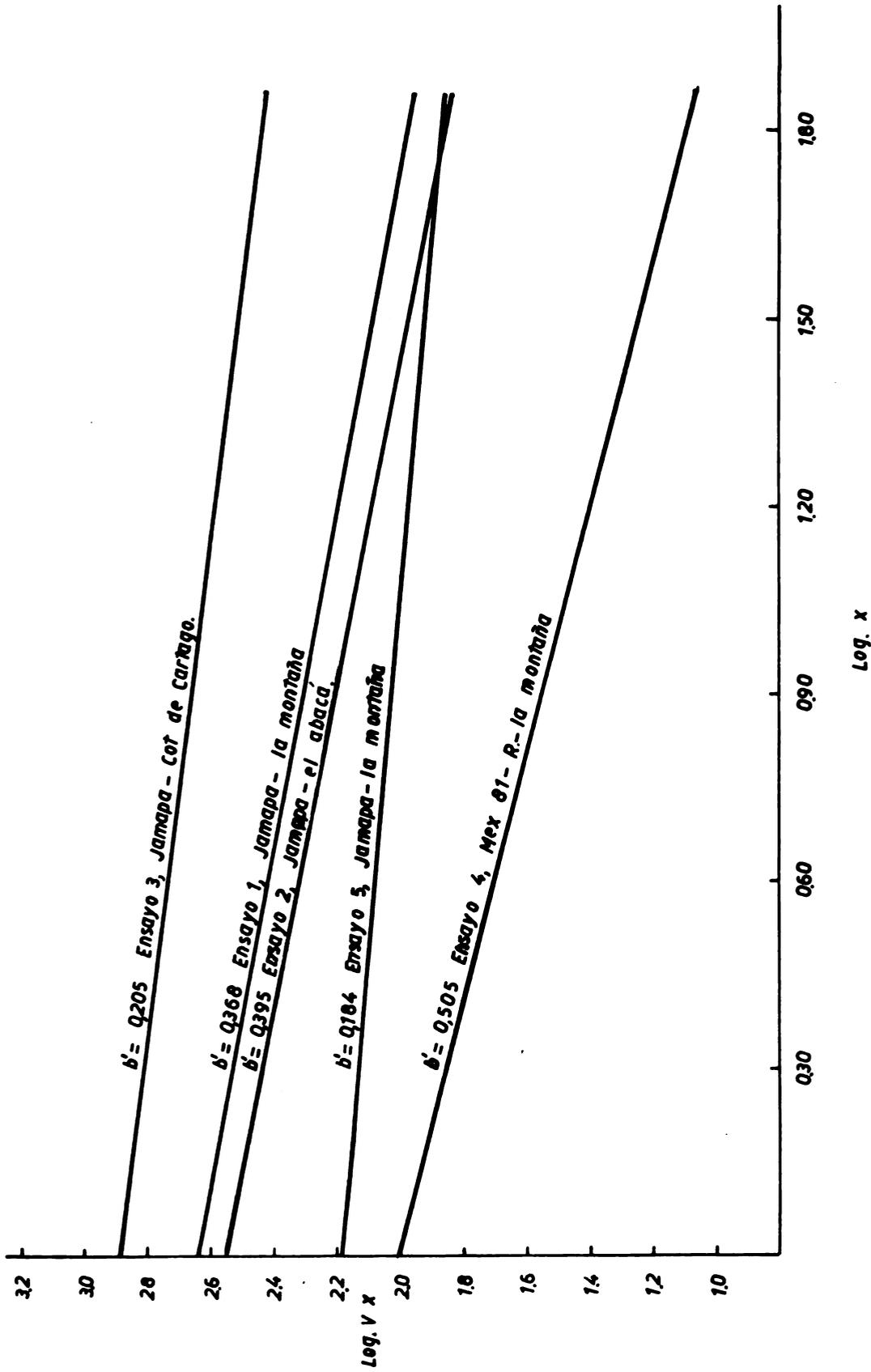


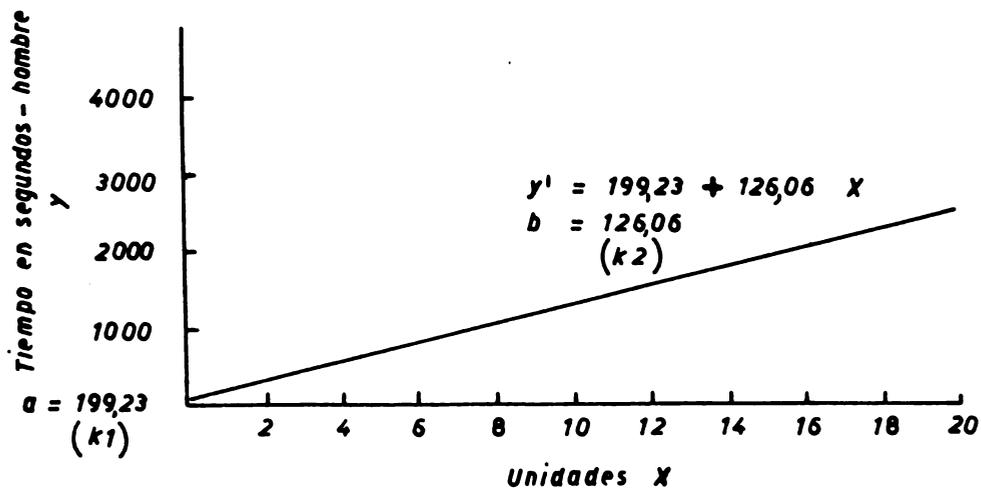
Fig. 2. REGRESION LINEAL DEL LOGARITMO DE LA VARIANCA DEL RENDIMIENTO SOBRE EL TAMAÑO DE LA PARCELA.

Cuadro 2. COSTOS POR LABOR PARA LAS PARCELAS DE DIFERENTES TAMAÑOS, EXPRESADOS EN SEGUNDOS-HOMBRE

Tamaño de la parcela en unidades experimentales	S e g u n d o s - h o m b r e							Cosecha
	Preparación del suelo	Preparación de la semilla	Siembra	Deshierba	Aplicación de productos químicos	Recuento del número de plantas		
1	4,25	12,60	20,40	63	3	10	126	
2	6,55	17,36	36,20	96	12	13	150	
3	9,30	23,10	42,40	131	7	20	214	
4	11,30	27,46	55,80	178	8	26	202	
6	14,90	61,50	85,00	224	11	41	240	
8	15,15	52,70	103,20	335	15	50	294	
10	18,85	52,24	126,60	368	20	64	238	
12				452	19	84		
20	23,95	101,10	272,8	730	38	121	678	
24				857	43	160		
30				1060	49	203		

**Cuadro 3. ESTIMACION DE LAS CONSTANTES K1 Y K2**

Labor	K1 (a)	K2 (b)	Proporción	
			K1	K2
Preparación del suelo	6,30	0,99	6,36	1
Preparación de la semilla	12,73	4,56	2,79	1
Siembra	4,10	13,14	0,31	1
Deshierbas (dos)	65,02	68,92	0,94	1
Aplicación de productos químicos (tres)	4,50	5,01	0,90	1
Recuento del número de plantas	0,07	6,59	0,01	1
Cosecha	106,51	26,85	3,96	1
<b>Total</b>	<b>199,23</b>	<b>126,06</b>	<b>1,58</b>	<b>1</b>



**Fig 3. REGRESION LINEAL TOTAL DE LOS COSTOS**

semilla y cosecha, la proporción alta  $K1:K2$  indica que es más conveniente usar parcelas grandes. Para las labores siembra, deshierbas, aplicación de productos químicos y recuento del número de plantas, la proporción baja de  $K1:K2$  indica que es más conveniente usar parcelas pequeñas. Por influenciar todas las 7 labores en los costos de un ensayo, se tomó el total de las 7 constantes  $K1$  y  $K2$  con una proporción de  $1,58 \pm 1$  (Fig. 3).

Con los valores de  $b'$ ,  $K1$  y  $K2$ , se aplicó la fórmula de Smith (33) para calcular los tamaños óptimos de la parcela en cada uno de los ensayos (Cuadro 4).

Cuadro 4. TAMAÑOS OPTIMOS DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES EN LOS CINCO ENSAYOS.

Ensayo	Tamaño en unidades experimentales
1º Jamapa-la montaña	0,92
2º Jamapa-el abacá	1,03
3º Jamapa-Cot de Cartago	0,52
4º Mex 81-R. - la montaña	1,61
5º Jamapa-la montaña	0,36

Estos tamaños corresponden a una eficiencia de 100 por ciento en relación a los costos. Estos tamaños de las parcelas son muy pequeños y por consideraciones prácticas no es aconsejable usarlos, pero se pueden emplear parcelas de un tamaño mayor con cierta pérdida de eficiencia, que según Smith (33) está dada por la siguiente ecuación.

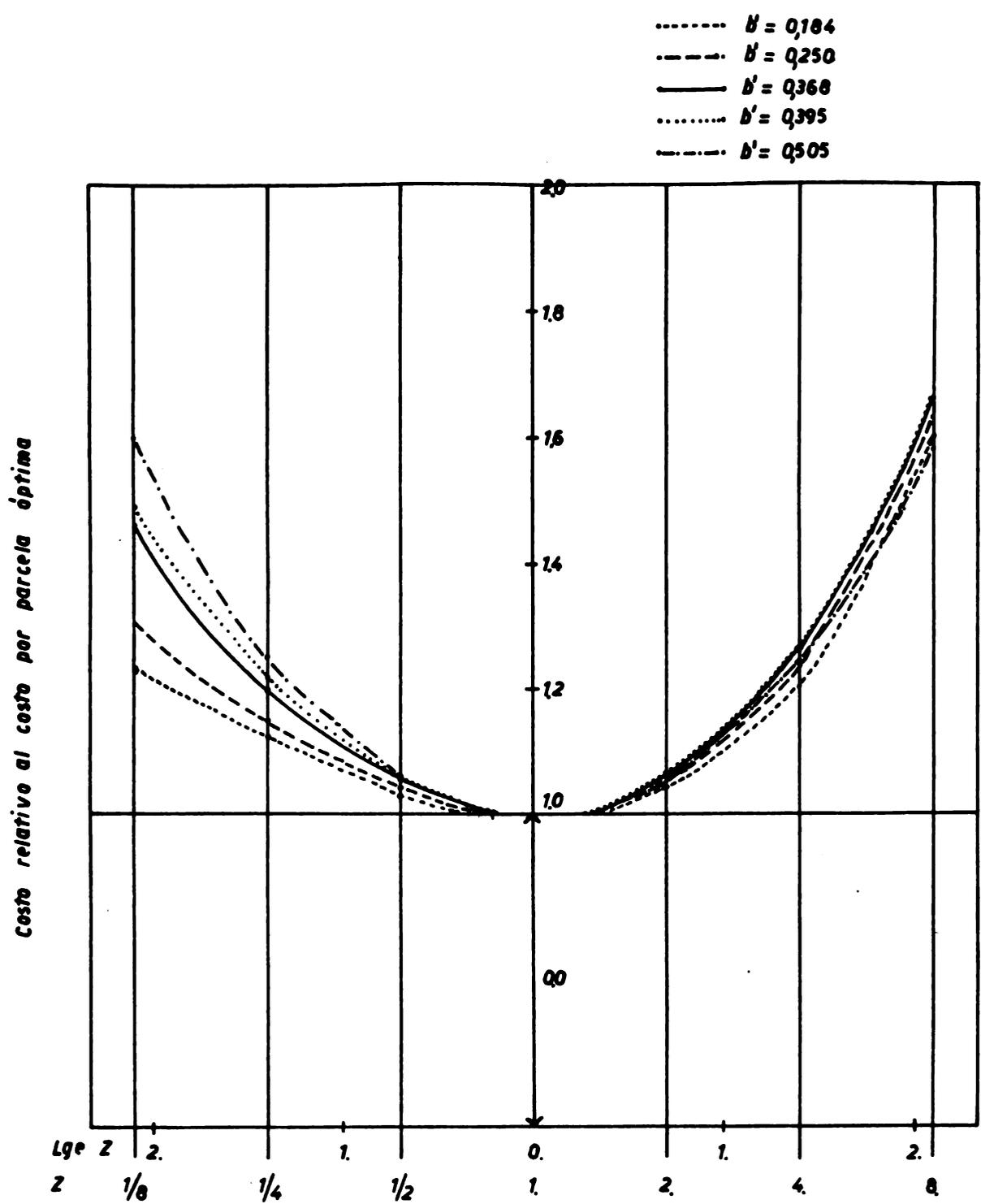


$$Y = \frac{\text{costos}}{\text{costos mínimos}} \quad \delta$$

$$Y = be^{(1-b)\ln Z} + (1-b)e^{-b\ln Z}$$

Donde Z es igual a  $x/x_0$  que representa el tamaño de la parcela usada (x) y el tamaño de la parcela eficiente ( $x_0$ ).

En la Figura 4 se aprecia el incremento de los costos para los 5 valores de  $b'$ , en donde se han tomado tamaños de Z que van desde  $1/8$  hasta  $\delta$  veces el tamaño óptimo. Las 5 curvas de  $b'$  tienen una tendencia común, existiendo una dispersión apreciable para los tamaños  $1/8$  y  $1/4$  de la parcela óptima. Estas curvas indican, que si se usan parcelas de mayor o menor tamaño de la óptima se pierde eficiencia en relación a los costos. En caso de que se tome 2, 3 y 4 veces el tamaño óptimo (Cuadro 5) de la parcela, se pierde una eficiencia del 5, 10 y 20 por ciento, respectivamente. En los ensayos con la variedad arbutiva, con una pérdida de eficiencia del 10% el tamaño de la parcela está entre 1 y 3 unidades experimentales (Cuadro 5), con un promedio de 2,13 unidades. En el ensayo con la variedad semiguía, con una pérdida de eficiencia del 10% por ciento el tamaño de la parcela será de 3,22 unidades experimentales (Cuadro 5).



Logaritmo natural del tamaño de parcela con respecto al óptimo

**Fig 4. INCREMENTO DE LOS COSTOS PARA VARIOS TAMAÑOS DE LAS PARCELAS. QUE NO SEAN EL OPTIMO.**

Cuadro 5. EFICIENCIAS DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARCELAS RESPECTO AL TAMAÑO OPTIMO

Ensayos	b'	Tamaño óptimo 100% de efi- ciencia	2 veces el tamaño óptimo 95% de eficiencia	3 veces el tamaño óptimo 90% de eficiencia	4 veces el tamaño óptimo 80% de eficiencia
1 Jamapa-la montaña	0,368	0,92	1,84	2,76	3,68
2 Jamapa-el abacá	0,395	1,03	2,06	3,09	4,12
3 Jamapa-Cartago	0,250	0,52	1,04	1,56	2,08
5 Jamapa-la montaña	0,184	0,364	0,774	1,07	1,43
Jamapa-promedio		0,71	1,42	2,13	2,84
4 Mex 81-R. la montaña	0,505	1,61	3,22	4,83	6,44

Forma de la parcela

Para un mismo tamaño de la parcela, los valores de los coeficientes de variación correspondientes a las posibles formas de las parcelas no presentan mayor diferencia (Cuadros 7, 8, 9, 10 y 11). Por lo tanto se puede adoptar cualquiera de las formas posibles de 2 ó 3 unidades experimentales como forma de la parcela.

Cuadro 6. COEFICIENTES DE VARIACION PARA TAMAÑOS DE LAS PARCELAS DE 2 Y 3 UNIDADES EXPERIMENTALES.

Unidades experimen tales	Formas	Coeficientes de variación				
		Ensayos				
		1	2	3	4	5
2	1 surcos de 2 m.	29,55	34,31	45,10	27,34	38,42
	2 " " 1 m.	30,32	34,92	44,48	27,85	38,93
3	1 " " 3 m.	27,15	31,20	42,46	24,48	36,75
	3 " " 1 m.	28,24	31,70	41,61	24,98	36,57

## DISCUSION

La diferencia observada entre los valores de los coeficientes de regresión  $b'$  de los ensayos con la variedad arbustiva y de semiguía, en el lote la montaña, está dado por el distinto hábito de crecimiento. Indicando que el tamaño de la parcela para pruebas de rendimiento en el campo debe cambiar, de acuerdo con el hábito de desarrollo de cada una de las variedades.

Los distintos valores de los coeficientes de regresión  $b'$  de los ensayos con la variedad arbustiva, se deben a las condiciones ambientales propias de cada uno de ellos como suelo, clima, época de siembra, etc. Es posible al repetir estos ensayos que el coeficiente de regresión  $b'$  tenga otro valor propio de una desviación de este tipo de experimentación.

El tamaño óptimo de la parcela para la variedad arbustiva es de 1 surco de 0,71 m. de largo (Cuadro 5), pero por consideraciones prácticas este tamaño no es aconsejable; por esta razón parece que la parcela de 1 surco de 2 m. de largo es la más conveniente, ya que da una pérdida de eficiencia solamente del 8,25 por ciento del costo de la parcela óptimo y se ajusta mejor a la práctica.

El tamaño de 1 surco de 1,61 m. de largo (Cuadro 5) para la variedad semiguía es la óptimo, pudiéndose aumentar en 1,24 veces sin ninguna pérdida de eficiencia en los costos, dando una parcela de 1 surco de 2,00 m.

El tamaño más conveniente de la parcela determinado de 2 unidades tiene 2 posibles formas, 1 surco de 2 metros de largo ó 2 surcos de 1 metro de largo. La experiencia indica que el trabajo de campo se realiza más eficientemente en parcelas de 1 solo surco.

### CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se pueden hacer las siguientes conclusiones:

1. El tamaño más conveniente de la parcela experimental para ensayos de campo con variedades de frijol (P. vulgaris L.) arbustivo y de semiguía es de 2 metros.
2. La forma más conveniente es de 1 surco de 2 metros de largo.
3. Se sugiere continuar el trabajo con variedades de guía.

RESUMEN

Se determinó el tamaño y forma de la parcela experimental, para pruebas de rendimiento de frijol (Phaseolus vulgaris L.). En este estudio se utilizaron 4 ensayos de uniformidad con una variedad arbustiva y 1 ensayo con una variedad de semiguía. Parcelas de 1 surco de 2 metros de largo son las más convenientes.

SUMMARY

The size and shape of the experimental plot for field trials of beans (Phaseolus vulgaris L.) was determined. Four uniformity trials using a bush variety and one using a semi pole variety were conducted. Plots 1 row 2 meters long are the most convenient.

LITERATURA CITADA

- ✓ 1. BOSE, R. D. Some soil heterogeneity trials at Pusa and the size and the shape of experimental plots. *Indian Journal of Agricultural Science* 5(5):579-608. 1935.
2. BOSE, S. S., KHANNA, K. L. y MAHALANOBIS, P. C. Statistical notes for agricultural workers; note on the optimum shape and size of plots for sugar cane experiments in Bihar. *Indian Journal of Agricultural Science* 9(6):807-816. 1939.
3. BRIM, C. A. y MASON, D. D. Estimates of optimum plot size for soybean yield trials. *Agronomy Journal* 51(6):331-334. 1959.
- 4. CARDENAS R., F. y VELO F., GUADALUPE. Jamapa, una variedad mejorada de frijol para el trópico. *In Reunión Centroamericana del PCCMCA, 3a., Antigua, Guatemala, Marzo 2-4, 1964. Mejoramiento del frijol. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Publicación Miscelánea nº 22. 1964. pp. 35-38.*
- ✓ 5. CHRISTIDIS, B. C. Variability of plots of various shapes as affected by plot orientation. *Empire Journal of Experimental Agriculture* 7(28):330-342. 1939.
6. COCHRAN, W. G. A survey of experimental design. U.S. Department of Agriculture, 1940. (mimeo). (Original no consultado; citado en Seif, R. D. Optimum plot size and shape for lima bean yields. Ph. D. Thesis. Ithaca, New York, Cornell University, 1957. p. 15. (mecanografiado).
- 7. CONNER, HELEN E. Field plot technique for sweet potatoes obtained from uniformity trial date. Master's thesis. Ames, Iowa State College, s.f. s.p. (Original no consultado; citado en Lana, E. P., Homeyer, P. G. y Harber, E. S. Field plot technique in vegetable crops. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 62:22. 1953.
8. DAY, JAMES W. The relation of size, shape and number of replications of plots to probable error in field experimentation. *Agronomy Journal* 12(3):100-105. 1920.
9. DOWN, E. E. y THAYER, J. W., Jr. Plot technique studies with navy beans. *Agronomy Journal* 34(10):919-923. 1942.
- ✓ 10. FEDERER, W. T. *Experimental design*. New York, Mac millan. 1963. 544 p.
- ✓ 11. FREEMAN, G. H. The combined effect of environmental and plant variation. *Biometrics* 19(2):273-277. 1963.

12. FREY, K. J. y BATEN, W. D. Optimun plot size for oat yield tests. *Agronomy Journal* 45(10):502-504. 1953.
13. Fu-SIAO. Uniformity trials with cotton. *Agronomy Journal* 27(12):974-979. 1935.
14. GARTNER, A. y CARDONA, C. Tamaño de parcela y número de replications para experimentación en frijol. *Agricultura Tropical*, Colombia 16(9):572-574. 1960.
15. HARDY, FREDERICK. The soil of the I.A.I.A.S. area (Turrialba, Costa Rica). Turrialba, Inter-American Institute of Agricultural Sciences, Cacao Center, 1961. 76 p. (mimeografiado).
- ✓16. HATHEWAY, W. H. y WILLIAMS, E. J. Efficient estimation of the relationship between plot size and the variability of crop yields. *Biometrics* 14(2):207-222. 1958.
17. JUSTESEN, S. H. Influence of size of plots on the precision of field experiments with potatoes. *Journal of the Agricultural Science* 22:366-372. 1932. (Original no consultado; citado en Christidis, B. C. Variability of plots of various shapes as affected by plot orientation. *Empire Journal of Experimental Agriculture* 7:330. 1939.
18. KALAMAKAR, A. J. Experimental error and the field plot technique with potatoes. *Journal of Agricultural Science* 22:373-385. 1932. (Original no consultado; citado en Christidis, B. C. Variability of plots of various shapes as affected by plot orientation. *Empire Journal of Experimental Agriculture* 7:330. 1939.
19. KELLER, K. R. Uniformity trial on hops. *Humulus lupulus* L., for increasing the precision of field experiments. *Agronomy Journal* 41(8):389-392. 1949.
- ✓20. KOCH, E. J. y RIGNEY, J. A. A method of estimating optimun plot size from experimental data. *Agronomy Journal* 43(1):17-21. 1951.
- ✓21. LANA, E. P., HOMEYER, P. G. y HABER, E. S. Field plot technique in vegetable crops. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 62:21-30. 1953.
22. LeCLERG, E. L., LEONARD, W. H. y CLARK, A. G. Field plot technique. Minnesota, Burgess Publishing. 1962. 373 p.
- ✓23. LOESSEL, C. M. Size of plot and number of replications necessary for varietal trials with white pea beans. *Agronomy Journal* 28(7):534-547. 1936.

24. MacDONALD, D., FIELDING, W. L. y RUSTON, D. F. Empirical methods with cotton. I. The design of plots for variety trials. *Journal of Agricultural Science* 29(1):35-47. 1939.
- √25. McFERRAN, J. Plot technique studies with spinach. Ph. D. thesis. Ithaca, New York, Cornell University, 1955. 65 p. (mecanografiado). (Original no consultado; compendiado en *Dissertation Abstracts* 16(2):194. 1956).
- √26. ODLAND, T. E. y GARBER, R. J. Size of plot and number of replications in field experiments soybean. *Agronomy Journal* 20(2):93-108. 1928.
27. PAN, C. L. Uniformity trial with rice. *Agronomy Journal* 27(4):279-285. 1935.
28. PANSE, V. G. y SUKHATME, P. V. Métodos estadísticos para investigadores agrícolas. México, Fondo de cultura económica. 1959. 349 p.
29. REYNOLDS, E. B., KILLOUGH, D. T. y VANTINE, J. T. Size, shape and replications of plots for field experiments with cotton. *Agronomy Journal* 26(9):725-734. 1934.
- \*30. ROBINSON, H. F., RIGNEY, J. A. y HARVEY, P. H. Investigations in peanut plot technique. North Carolina Agricultural Experimental Station. *Technique Bulletin* 86. 1948. 19 p.
31. SEIF, D. R. Optimun field plot size and shape for lima bean yields. Ph. D. thesis. Ithaca, New York, Cornell University, 1957. 54 p. (mecanografiado).
- √32. SMITH, F. L. Effects of plot size, plot shape and number of replications on the efficiency of bean yield trials. *Hilgardia* 28(2):43-63. 1958.
- √33. SMITH, H. F. An empirical law describing heterogenety in the yields of agricultural crops. *Journal of Agricultural Science* 28(1):1-23. 1938.
34. THOMPSON, R. C. Size, shape and orientation of plots and number of replications required in Sweet-potato field plot experiments. *Journal of Agricultural Research* 48(5):379-400. 1934.
35. VAGHOLKAR, B. P., APTE, V. N. y SUBRAMONIA, I. S. A study on plot size and shape technique for field experiments of sugar cane. *Indian Journal of Agricultural Science* 10(3):388-403. 1940.

36. WALLACE, A. T. y CHAPMAN, W. H. Studies in plot technique for oat clipping experiments. Agronomy Journal 48(1):32-35. 1956.
37. WASSON, C. E. y KALTON, R. R. Estimations of optimum plot size using data from bromegrass uniformity trials. Iowa Agricultural Experimental Station. Research Bulletin 396. 1953. pp. 296-320.
38. WEBER, C. R. y HORNER, T. W. Estimates of cost and optimum plot size and shape for measuring yield and chemical characters in soybean. Agronomy Journal 49(8):444-449. 1957.
39. WIEDEMANN, A. M. y LEININGER, L. N. Estimation of optimum plot size and shape for safflower yield trials. Agronomy Journal 55(3):222-225. 1963.

A P E N D I C E

Cuadro 7. VARIANCIAS DE LAS PARCELAS DE DIFERENTES TAMAÑOS Y FORMAS

Ensayo 1, Jamapa-la montaña

Tamaño en unidades experimentales	Forma Surcos x m. de surco	Variancia	Coefficiente de Variación C. V.	Variancia relativa Vx
1	1 x 1	462,88	35,74	462,88
2	1 x 2	1.265,85	29,55	316,46
	2 x 1	1.332,34	30,32	333,08
3	1 x 3	2.404,59	27,15	267,17
	3 x 1	2.599,71	28,24	288,85
4	1 x 4	3.766,01	25,49	235,37
	2 x 2	3.988,95	26,23	249,30
	4 x 1	3.894,54	25,92	243,40
5	1 x 5	5.291,67	24,17	211,66
6	1 x 6	7.188,71	23,47	199,68
	2 x 3	7.762,40	24,39	215,62
	3 x 2	8.189,20	25,06	227,47
	6 x 1	8.263,95	25,17	119,55
8	2 x 4	12.407,70	23,13	193,87
	4 x 2	13.729,67	24,33	214,52
9	3 x 3	16.221,35	23,51	200,26
10	1 x 10	16.230,36	21,16	162,30
	2 x 5	17.784,97	22,15	177,84
12	1 x 12	20.292,36	19,72	140,91
	2 x 6	24.487,89	21,66	170,05
	3 x 4	26.498,23	22,53	184,01
	4 x 3	27.655,77	23,02	192,05
	6 x 2	27.559,84	22,98	191,38
15	3 x 5	38.045,44	21,60	169,09
16	4 x 4	45.592,96	22,17	178,09
18	3 x 6	53.258,42	21,30	164,37
	6 x 3	56.241,63	21,89	173,58
20	2 x 10	56.170,10	19,68	140,42
	4 x 5	65.431,26	21,25	163,57
24	2 x 12	70.940,78	18,44	123,16
	4 x 6	91.613,05	20,95	159,05
	6 x 4	92.208,35	21,02	160,08
30	3 x 10	123.745,00	19,48	137,49
	6 x 5	136.467,18	20,46	151,63
36	3 x 12	157.277,28	18,30	121,35
	6 x 6	190.961,93	20,17	147,34
40	4 x 10	215.459,14	19,28	134,66
48	4 x 12	275.534,81	18,17	119,58
60	6 x 10	452.620,97	18,63	125,72
72	6 x 12	584.138,68	17,63	112,68

Cuadro 8. VARIANCIAS DE LAS PARCELAS DE DIFERENTES TAMAÑOS Y FORMAS

Ensayo 2, Jamapa-el abacá

Tamaño en unidades experimentales	Forma Surcos x m. de surco	Variancia	Coficiente de Variación C. V.	Variancia relativa Vx
1	1 x 1	382,69	41,37	382,69
2	1 x 2	1.052,77	34,31	263,19
	2 x 1	1.090,65	34,92	272,66
3	1 x 3	1.959,17	31,20	217,68
	3 x 1	2.023,29	31,70	224,81
4	1 x 4	3.222,63	30,01	201,41
	2 x 2	3.171,76	29,77	198,23
	4 x 1	3.173,42	29,78	198,13
6	1 x 6	6.218,58	27,79	172,73
	2 x 3	6.132,72	27,60	170,35
	3 x 2	6.114,58	27,56	169,85
	6 x 1	6.082,98	27,49	168,97
8	2 x 4	10.210,47	26,71	159,54
	4 x 2	9.741,18	26,09	152,21
9	1 x 9	11.277,06	24,95	139,22
	3 x 3	12.174,86	25,96	150,31
12	1 x 12	18.532,35	23,99	128,69
	2 x 6	19.841,04	24,82	137,78
	3 x 4	20.451,59	25,20	142,02
	4 x 3	19.385,79	24,53	134,62
	6 x 2	18.764,24	24,14	130,31
16	4 x 4	33.538,15	24,20	131,01
18	2 x 9	36.833,34	22,54	113,68
	3 x 6	41.250,75	23,86	127,32
	6 x 3	38.107,93	22,93	117,61
24	2 x 12	59.762,78	21,54	103,75
	4 x 6	65.725,43	22,59	114,10
	6 x 4	65.407,71	22,53	113,55
27	3 x 9	76.289,47	21,63	104,65
36	3 x 12	128.351,87	21,04	99,04
	4 x 9	124.504,68	20,72	96,06
	6 x 6	134.591,83	21,55	103,85
48	4 x 12	206.075,44	20,00	89,44
54	6 x 9	244.247,19	19,35	83,76
	6 x 12	418.757,47	19,00	80,78

Cuadro 9. VARIANCIAS DE LAS PARCELAS DE DIFERENTES TAMAÑOS Y FORMAS

Ensayo 3, Jamapa-Cot de Cartago

Tamaño en unidades experimentales	Forma Surcos x m. de surco	Variancia	Coefficiente de Variación C. V.	Variancia relativa Vx
1	1 x 1	821,78	51,62	821,78
2	1 x 2	2.508,78	45,10	627,19
	2 x 1	2.440,35	44,48	610,10
3	1 x 3	5.003,95	42,46	555,99
	3 x 1	4.806,07	41,61	534,01
4	1 x 4	8.187,72	40,74	511,73
	2 x 2	8.051,73	40,40	503,23
	4 x 1	8.017,58	40,31	501,10
5	1 x 5	12.243,35	39,85	489,73
6	1 x 6	16.898,92	39,02	469,41
	2 x 3	16.683,01	38,77	463,42
	3 x 2	16.552,26	38,61	459,78
	6 x 1	16.616,43	38,69	461,57
8	2 x 4	28.213,72	37,81	440,84
	4 x 2	28.232,68	37,82	441,14
9	3 x 3	34.852,91	37,35	430,28
10	1 x 10	42.012,60	36,91	420,12
	2 x 5	41.854,60	36,84	418,55
12	1 x 12	51.603,73	34,09	358,36
	2 x 6	58.917,21	36,43	409,15
	3 x 4	59.524,71	36,61	413,37
	4 x 3	59.974,27	36,75	416,49
	6 x 2	60.189,81	36,82	417,98
15	3 x 5	90.500,88	36,12	402,23
16	4 x 4	103.567,00	36,22	404,56
18	3 x 6	127.048,32	35,66	392,12
	6 x 3	128.034,22	35,80	395,17
20	2 x 10	147.076,33	34,53	367,70
	4 x 5	158.174,59	35,78	395,43
24	2 x 12	183.771,47	32,17	319,05
	4 x 6	223.365,13	35,46	387,79
	6 x 4	223.888,96	35,50	388,69
30	3 x 10	326.828,95	34,32	363,14
	6 x 5	342.264,78	35,12	380,29
36	3 x 12	410.788,77	32,06	316,96
	6 x 6	480.086,56	34,66	370,44
40	4 x 10	573.194,54	34,08	358,27
48	4 x 12	717.659,68	31,78	311,48
60	6 x 10	1'257.048,69	33,65	349,18
72	6 x 12	1'597.603,21	31,62	308,18

Cuadro 10. VARIANCIAS DE LAS PARCELAS DE DIFERENTES TAMAÑOS Y FORMAS

Ensayo 4, Mex 81-R.-la montaña

Tamaño en unidades experimentales	Forma Surcos x m. de surco	Variancia	Coefficiente de Variación C. V.	Variancia relativa Vx
1	1 x 1	106,00	34,08	106,00
2	1 x 2	272,61	27,34	68,15
	2 x 1	282,69	27,85	70,67
3	1 x 3	491,54	24,48	54,61
	3 x 1	511,66	24,98	56,85
4	1 x 4	780,55	23,14	48,72
	2 x 2	759,06	22,81	47,44
	4 x 1	812,84	23,61	50,80
5	1 x 5	1.018,11	21,13	40,72
6	1 x 6	1.256,07	19,56	34,89
	2 x 3	1.440,39	20,95	40,01
	3 x 2	1.415,39	20,77	39,37
	6 x 1	1.521,43	21,53	42,26
8	2 x 4	2.338,30	20,02	36,54
	4 x 2	2.273,10	19,74	35,52
9	3 x 3	2.734,52	19,25	33,76
10	1 x 10	2.937,33	17,95	29,37
	2 x 5	3.059,31	18,32	30,59
12	1 x 12	3.619,82	16,61	25,14
	2 x 6	4.164,74	17,81	28,92
	3 x 4	4.454,74	18,42	30,94
	4 x 3	4.346,20	18,20	30,18
	6 x 2	4.371,68	18,25	30,36
15	3 x 5	5.720,97	16,70	25,43
16	4 x 4	7.212,21	17,58	28,17
18	3 x 6	7.789,67	16,24	24,04
	6 x 3	8.683,62	17,15	26,80
20	2 x 10	8.855,57	15,58	22,14
	4 x 5	9.232,71	15,91	23,08
24	2 x 12	10.765,27	14,32	18,69
	4 x 6	12.901,58	15,67	22,40
	6 x 4	14.262,88	16,48	24,76
30	3 x 10	16.265,97	14,08	18,07
	6 x 5	18.596,78	15,05	20,66
36	3 x 12	18.563,66	12,54	14,32
	6 x 6	25.437,69	14,67	19,63
40	4 x 10	27.238,45	13,66	17,02
48	4 x 12	31.219,56	12,19	13,55
60	6 x 10	54.142,40	12,85	15,04
72	6 x 12	58.708,07	11,15	11,32

Cuadro 11. VARIANCIAS DE LAS PARCELAS DE DIFERENTES TAMAÑOS Y FORMAS

Ensayo 5, Jamapa-la montaña

Tamaño en unidades experimentales	Forma Surcos x m. de surco	Variancia	Coefficiente de Variación C. V.	Variancia relativa Vx
1	1 x 1	163,75	42,74	163,75
2	1 x 2	529,11	38,42	132,27
	2 x 1	543,16	38,93	135,79
3	1 x 3	1.089,51	36,75	121,05
	3 x 1	1.078,60	36,57	119,84
4	1 x 4	1.836,10	35,78	114,76
	2 x 2	1.870,73	36,12	116,92
	4 x 1	1.796,86	35,40	112,30
5	1 x 5	2.721,56	34,85	108,86
6	1 x 6	3.812,72	34,38	105,91
	2 x 3	3.952,81	35,00	109,80
	3 x 2	3.851,38	34,55	106,98
	6 x 1	3.745,06	34,07	104,03
8	2 x 4	6.781,70	34,39	105,96
	4 x 2	6.605,57	33,94	103,21
9	3 x 3	8.284,74	33,78	102,28
10	1 x 10	9.745,00	32,98	97,45
	2 x 5	10.175,65	33,69	101,75
12	1 x 12	13.752,82	32,65	95,50
	2 x 6	14.366,84	33,37	99,77
	3 x 4	14.263,00	33,25	99,05
	4 x 3	14.236,90	33,32	98,87
	6 x 2	13.811,38	32,71	95,91
15	3 x 5	21.525,53	32,68	95,67
16	4 x 4	24.742,64	32,84	96,65
18	3 x 6	30.378,70	32,35	93,76
	6 x 3	30.168,73	32,24	93,11
20	2 x 10	37.503,75	32,35	93,76
	4 x 5	37.393,49	32,30	93,48
24	2 x 12	53.097,00	32,07	92,18
	4 x 6	52.911,65	32,02	91,86
	6 x 4	52.435,90	31,87	91,03
30	3 x 10	80.136,18	31,52	89,04
	6 x 5	79.788,24	31,45	88,65
36	3 x 12	113.253,96	31,23	87,39
	6 x 6	112.636,00	31,14	86,91
40	4 x 10	140.087,68	31,26	87,55
48	4 x 12	198.790,75	31,03	86,28
60	6 x 10	301.899,45	30,59	83,86
72	6 x 12	428.472,56	30,37	81,65